



EU

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Bescheinigung

REC'D	02 NOV 1998
WIPO	PCT

Die Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten
Forschung eV in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

"Verfahren und Vorrichtung zur Oberflächen-
behandlung von Substraten"

am 6. Oktober 1997 beim Deutschen Patentamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue
Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patent-
anmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patentamt vorläufig die Sym-
bole H 01 J, H 05 H und C 23 C der Internationalen Patent-
klassifikation erhalten.

München, den 24. September 1998

Der Präsident des Deutschen Patentamts

Im Auftrag

Hoiß

Patenzzeichen: 197 44 060.6

Patentansprüche

1. Verfahren zur Oberflächenbehandlung von mindestens einem, elektrisch leitenden oder leitfähig beschichteten Substrat mit Hilfe eines im Bereich einer elektrischen Entladung angeordneten Gases,

dadurch gekennzeichnet,

daß der Entladungsbereich (2) durch zu behandelnde Substratoberflächen (7) zumindest auf zwei im wesentlichen gegenüberliegenden Seiten begrenzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, daß ein oder mehrere, fortlaufend geförderte Substrate (1) zumindest bereichsweise den Entladungsbereich (2) begrenzend geführt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, daß bandförmige Substrate behandelt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3,
dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine geförderte Substrat (1) zur Änderung der Förderrichtung mindestens einmal umgelenkt wird und der Entladungsbereich (2) auf mindestens einer Seite durch in Förderrichtung vor der mindestens einen Umlenkung (5) und auf mindestens einer weiteren Seite durch in Förderrichtung nach der mindestens einen Umlenkung (5) liegende Substratbereiche begrenzt wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Substrat (1) als Kathode fungiert.
- 5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Substratoberflächen (7) durch eine Hohlkathodenentladung behandelt werden.
- 10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Entladungsbe-
reich (2) auf zwei Seiten durch Substratoberflä-
chen (7), welche einen Abstand von 1 mm bis 50
cm aufweisen, begrenzt wird.
- 15 8. ~~Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,~~
dadurch gekennzeichnet, daß die elektrische Ent-
ladung bei einem Druck zwischen 0,01 mbar bis
100 mbar abläuft.
- 20 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine Substrat (1) geerdet wird.
- 25 10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß an das mindestens eine Substrat (1) eine Spannung angelegt wird.
- 30 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Spannung zwi-
~~schen dem mindestens einen Substrat (1) und ei-~~
nem aufgrund der elektrischen Entladung ausgebil-
deten Plasma 1 bis 3000 V beträgt.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet, daß die Entladung durch
Mikrowellen aktiviert oder unterstützt wird.
- 5 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet, daß die Entladung durch
eine Gleichspannung, eine gepulste Gleichspan-
nung oder durch eine nieder-, mittel- oder hoch-
10 frequente Wechselspannung aktiviert oder unter-
stützt wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet, daß die Zuführung des
Gases im Entladungsbereich (2) oder unmittelbar
15 außerhalb davon erfolgt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet, daß die Abführung des
Gases im Entladungsbereich (2) oder unmittelbar
20 außerhalb davon erfolgt.
16. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach
einem der Ansprüche 1 bis 15 mit:
mindestens einem Substrat (1), das einen auf
mindestens zwei Seiten von Substratoberflächen
(7) umschlossenen Entladungsbereich (2) defi-
niert,
einer Vorrichtung zur Einspeisung elektrischer
Energie in den Entladungsbereich,
30 einer den Entladungsbereich umgebende Vakuumkam-
mer,
einer Gaszuführung (3) in die Vakuumkammer un-
deiner Gasabführung (4) aus der Vakuumkammer.

17. Vorrichtung nach Anspruch 16,
dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich des Sub-
strates (1) eine Anode angeordnet ist und das
Substrat (1) eine Kathode bildet.
18. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 oder 17,
dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1)
eine Hohlkathode bildet.
19. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18,
dadurch gekennzeichnet, daß eine Substratkühlung
vorgesehen ist.
20. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 19,
dadurch gekennzeichnet, daß die Gaszuführung (3)
im Entladungsbereich (2) oder unmittelbar außer-
halb davon angeordnet ist.
21. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 20,
dadurch gekennzeichnet, daß die Gasabführung (4)
im Entladungsbereich (2) oder unmittelbar außer-
halb davon angeordnet ist.
22. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 21,
dadurch gekennzeichnet, daß das mindestens eine
Substrat (1) ein fortlaufend gefördertes Band
ist, das von einer ersten Spule abwickelbar und
von einer zweiten Spule aufwickelbar ist.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen außerhalb
der Vakuumkammer angeordnet sind und das Band
über Vakuumschleusen in die Vakuumkammer ein-
führbar und ausführbar ist.

24. Vorrichtung nach Anspruch 22,
dadurch gekennzeichnet, daß die Spulen innerhalb
der Vakuumkammer angeordnet sind.
- 5 25. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 24,
dadurch gekennzeichnet, daß in der Vakuumkammer
im Bereich der nicht von Substratoberflächen (7)
begrenzten Seiten des Entladungsbereichs (2) Ab-
schirmelemente angeordnet sind und diese Ab-
10 schirmelemente von den Vorrichtungskomponenten
und dem mindestens einen Substrat (1) elektrisch
isoliert sind.
- 15 26. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 25,
dadurch gekennzeichnet, daß in der Vakuumkammer
in Bereichen von Vorrichtungskomponenten, in
denen sich aufgrund ihres Potentials parasitäre
Entladungen ausbilden können, oder um Substrat
(1) und Entladungsbereich (2) Abschirmelemente
20 angeordnet sind und diese Abschirmelemente von
den Vorrichtungskomponenten und dem Substrat (1)
elektrisch isoliert sind.

**Verfahren und Vorrichtung
zur Oberflächenbehandlung von Substraten**

5 Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung von Substraten mit Hilfe einer Gasentladung.

10 Bei der Oberflächenbehandlung ebener Substrate mittels Gasentladungen wie Niederdruck-Glimmentladungen sind Verfahren bekannt, bei denen die Entladung durch eine Mikrowellenantenne, durch eine Hochfrequenz-Elektrode oder durch eine an das Substrat angelegte gepulste oder zeitlich konstante Gleichspannung auf-

15 rechterhalten wird. Substratoberfläche und Gegenelektrode bzw. Mikrowellenantenne sind dabei meist gegenüberliegend angeordnet.

20 Ein entscheidender Nachteil dieser Verfahren ist, daß in der Regel nur eine geringe Plasmadichte erzeugt werden kann und die Geschwindigkeit einer Plasmare-

nigung oder Plasmabeschichtung der Substratoberfläche daher niedrig ist. Zwar läßt sich durch Druckerhöhung auch die Plasmadichte erhöhen, die damit verbundene Abnahme der mittleren freien Weglänge führt jedoch dazu, daß der Materialtransport zur und von der Substratoberfläche stark behindert wird. Außerdem wächst die Neigung der Entladung zur lokalen Kontraktion und Instabilität. Nachteilig bei diesen Verfahren ist außerdem, daß es zu einer unerwünschten Beschichtung des Mikrowellen-Einkopplungsfensters bzw. der Hochfrequenz-Elektrode kommt, wodurch die eingekoppelte Leistung mit der Zeit deutlich abnimmt.

Nachteilig ist weiterhin, daß große Mengen an Ausgangsstoffen dadurch verlorengehen, daß außer dem Substrat auch alle anderen inneren Oberflächen der Vakuumkammer beschichtet werden. Dies erfordert zudem eine häufige und daüberhinaus aufwendige Reinigung der Anlage.

Die Oberflächenbehandlung von laufenden Metallbändern, etwa Stahl- oder Aluminiumblech, aktiviert oder unterstützt durch eine elektrische Gasentladung, wirkt gegenüber der Behandlung von Substraten im Batch-Verfahren besondere Probleme auf.

Zum einen erfordert die hohe Bandlaufgeschwindigkeit, bei Stahlblechen in der Größenordnung von bis zu 100 m/min, sehr hohe stationäre Beschichtungsraten und Plasmadichten. Um beispielsweise eine Schichtdicke von 100 nm abzuschneiden, ist bei einer Bandgeschwindigkeit von 100 m/min und einer Beschichtungszonlänge von 1 m eine stationäre Beschichtungsrate von 10 $\mu\text{m}/\text{min}$ erforderlich. Dies sind rund 2 Größenord-

nungen mehr, als mit gewöhnlichen Gleich- oder Wechselstromglimmentladungen erreichbar sind.

5 Außer zur Erzielung hoher Abscheideraten sind auch für effektive Abtragsraten von Oberflächenkontaminationen (Ölen, Fetten, Wachsen) unter Bildung von gasförmigen Produkten auf einem schnell laufenden Band möglichst hohe Plasmadichten anzustreben. Gewöhnliche Glimmentladungen besitzen im allgemeinen keinen hinreichenden Ionisationsgrad und einen zu geringen Anteil an aktiven Spezies wie Sauerstoff-Atomen oder Hydroxylradikalen.

15 Neben der Bereitstellung hoher Plasmadichten wird von derartigen Produktionsanlagen erwartet, daß sie mehrere Tage ohne Wartung betrieben werden können. Voraussetzung hierfür ist, daß die parasitäre Abscheidung von Schichten, d.h. das Aufwachsen von Schichten an anderen Orten als auf dem zu behandelnden Blech, gering gehalten wird. Es ist zu bedenken, daß in 100 Stunden die hypothetische "stationäre" Schichtdicke auf einem ruhenden Blech bei einer Aufwachsrate von 10 $\mu\text{m}/\text{min}$ bis zu 6 cm betragen würde. Auch wenn die parasitäre Aufwachsrate auf einer Gegenelektrode oder auf einem Abschirmblech oder der Gehäusewand nur 1% dieses Wertes betragen würde, wären die resultierenden Schichten von 600 μm Schichtdicke unakzeptabel, da sie infolge innerer Spannungen nicht mehr auf ihrer Unterlagen haften und in Form von abgeplatzten Flittern den Beschichtungsprozeß stören würden.

35 Ausgehend von diesen und weiteren Nachteilen des Standes der Technik liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Oberflächenbehandlung von Substraten zu schaffen, die

neben hohen Plasmadichten auch eine Konzentration der hohen Plasmadichten in unmittelbarer Nähe der zu behandelnden Oberfläche bei gleichzeitiger Reduzierung parasitärer Abscheidungen gewährleisten. Außerdem soll sowohl eine Beschichtung von fortlaufend geförderten, z.B. bandförmigen, Substraten als auch von stationären Substraten möglich sein.

Diese Aufgabe wird in verfahrenstechnischer Hinsicht durch Anspruch 1 und, was eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens angeht, durch Anspruch 16 gelöst. Die jeweiligen Unteransprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung an.

Indem die zu behandelnden Oberflächen eines oder mehrerer, elektrisch leitender oder leitfähig beschichteter Substrate auf wenigstens zwei Seiten die elektrische Gasentladung räumlich begrenzen, läßt sich in unmittelbarer Nähe der Substratoberflächen ein konzentriertes Plasma hoher Plasmadichte realisieren. Durch die lokale Begrenzung der Entladung werden parasitäre Effekte an nicht zu behandelnden Oberflächen stark reduziert. Bei der Entladung handelt es sich bevorzugt um eine Glimmentladung.

Die Begrenzung des Entladungsbereiches findet bevorzugt auf mindestens zwei, im wesentlichen gegenüberliegenden Seiten statt und kann in Abhängigkeit von der zu beschichtenden Substratform zum Beispiel in Form eines Zylinders mit runder oder mehreckiger Grundfläche ausgestaltet sein. Besonders geeignet ist auch ein Einschluß durch zwei parallel zueinander angeordnete, ebene Substrate. Unabhängig von der Form des Einschlusses sollte der Abstand von jeweils ge-

genüberliegenden Substratoberflächen ungefähr 1 mm bis 50 cm, bevorzugt 1 cm bis 10 cm, betragen.

5 Neben einer Oberflächenbehandlung stationärer Substrate im Batch-Verfahren ist das erfindungsgemäße Verfahren besonders geeignet zur Behandlung kontinuierlich geförderter Substrate, beispielsweise bandförmiger Materialien. Dabei wird der Entladungsbereich dadurch begrenzt, daß z.B. ein oder mehrere Substratbänder zumindest bereichsweise in geringem gegenseitigen Abstand eine stationäre Gasentladung passieren und dadurch den Entladungsbereich begrenzen. So können beispielsweise zwei Bänder bereichsweise parallel zueinander geführt werden und die stationäre Gasentladung von jeweils einer zu behandelnden Oberfläche
10 jedes Bandes eingeschlossen werden.

Besonders bevorzugt ist die Oberflächenbehandlung von einem oder mehreren bandförmigen Substraten, welche unter Änderung ihrer Förderrichtung mindestens einmal umgelenkt werden und den Entladungsbereich zumindest zum einen durch einen Oberflächenbereich, der in Bandlaufrichtung vor der Umlenkung liegt, und zum anderen durch einen Oberflächenbereich, der in Bandlaufrichtung nach der Umlenkung liegt, begrenzen. Auf diese Weise passiert die zu behandelnde Oberfläche des bandförmigen Substrates die Entladungszone je nach Bandführung mindestens zweimal. Die damit einhergehende intensivierete Oberflächenbehandlung gestattet vorteilhafterweise eine Erhöhung der Fördergeschwindigkeit.
20
25
30

Bei der elektrischen Entladung handelt es sich bevorzugt um eine Entladung im Bereich der Hohlkathodenentladung. Darunter wird erfindungsgemäß auch noch
35

eine Entladung im Übergangsbereich zwischen Hohlkathodenentladung und normaler Entladung verstanden. Das gesamte Substrat, das auf Erdpotential liegen kann, bildet dabei die Kathode. Eine Anode, die gegenüber Erde auf einem positiven Potential liegt, befindet sich als Gegenelektrode an einer geeignet gewählten Stelle in der Apparatur, vorzugsweise am Rand der Gasentladung. Auch bei einer durch Mikrowellen aktivierten Entladung kann sich eine Hohlkathodenentladung ausbilden. Das Plasma bildet dann eine "virtuelle" Anode.

Eine Hohlkathodenentladung ist wesentlich intensiver als eine gewöhnliche Glimmentladung zwischen parallel angeordneter Kathode und Anode. Es wird eine um Größenordnungen höhere Ionisation erreicht und dementsprechend lassen sich auch wesentlich höhere Beschichtungs- bzw. Abtragsraten erzielen. Die Hohlkathodenentladung bildet sich bei Verwendung einer Gleich- oder Wechselspannung dann aus, wenn die Substratoberflächen den Entladungsbereich hohlraumförmig, d.h. auf mindestens zwei Seiten, eingrenzen und in Abhängigkeit von der Substratgeometrie bzw. der Geometrie des Entladungsbereiches geeignete Verfahrensparameter (Druck, Abstand der Substratoberflächen, Spannung, usw.) gewählt werden. Eine Hohlkathodenentladung zwischen z.B. zwei parallelen Platten manifestiert sich in einem deutlich höherem Entladungsstrom im Vergleich zur Summe der Ströme bei je einer getrennten Entladung an jeder der beiden Platten.

Eine elektrische Entladung läßt sich außer durch eine Gleich- oder Wechselspannung auch durch Einkopplung von Mikrowellen in den Entladungsbereich realisieren.

Dazu sollte der durch die Substratoberfläche definierte Entladungsbereich eine Geometrie aufweisen, welche die Ausbreitung der Mikrowellen in bestimmten Raumbereichen und die Entstehung einer Gasentladung durch die Erzielung hoher elektrischer Felder begünstigt. Bevorzugt weist der Entladungsbereich dazu eine Hohlraumgeometrie auf, wobei die Hohlraumdimensionen der Wellenlänge der verwendeten Mikrowellenstrahlung angepaßt sind. Als Weiterbildung ist denkbar, in den Entladungsbereich gleichzeitig Mikrowellen und eine elektrische Spannung, bevorzugt eine Gleichspannung, einzuspeisen.

Die Gaszu- und Gasabführung erfolgt bevorzugt direkt im Entladungsbereich oder unwesentlich davon beabstandet. Durch geeignete Anordnung der Gaszu- und Gasabführung läßt sich die Entladung unmittelbar auf den vorgesehenen Entladungsbereich zwischen den Substratoberflächen beschränken und parasitäre Entladungen stark reduzieren. Bevorzugt sind die Mittel zur Gaszu- und Gasabführung auf gegenüberliegenden Seiten des Entladungsbereiches angeordnet, so daß eine ständige Strömung aufrechterhalten werden kann.

Weitere Vorteile und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Figuren und den nachfolgend beschriebenen Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1: die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei Verwendung eines fortlaufend geförderten, bandförmigen Substrates;

Figur 2: die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei Verwendung zweier fortlaufend geförderter, bandförmiger Substrate;

Figur 3: die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei Verwendung zweier stationärer Substrate; und

Figur 4: die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei Verwendung eines fortlaufend geförderten, bandförmigen Substrates, das von einem Abschirmelement umgeben ist.

Bei dem in den Figuren 1, 2 und 4 dargestellten Substraten 1 handelt es sich um 0,15 mm starkes und 50 Zentimeter breites, bandförmiges und kontinuierlich gefördertes Aluminiumblech. Andere Substrate, beispielsweise Stähle oder leitfähig beschichtete Materialien, lassen sich ebenso behandeln. Bei dem in Figur 3 dargestellten Substrat 1 handelt es sich um zwei stationäre, parallele Platten.

Bei zu starker Aufheizung kann das behandelte Substrat 1 während der Oberflächenbehandlung gekühlt werden. Die Kühlung kann durch einen Kühlkörper, der von einem flüssigen oder gasförmigen Kühlmedium durchströmt wird und in direktem mechanischen Kontakt zum Substrat steht, erfolgen. Bei stationären Substraten bietet sich die Kühlung mittels Kühlplatten und bei bewegten Substraten mittels Kühlwalzen an.

Das Substrat 1 kann geerdet oder mit dem nicht geerdeten Ausgang einer Spannungsquelle verbunden sein. Bevorzugt liegt die Spannung zwischen Substrat und einem aufgrund der elektrischen Entladung gebildeten Plasma zwischen 1 und 3000 Volt, besonders bevorzugt zwischen 100 und 1000 Volt. Als Gleichspannungen kommen auch gepulste Gleichspannungen mit einer Pulsfrequenz zwischen 10 kHz und 100 kHz in Frage. Bei Verwendung von niederfrequenten Wechselspannungen

liegt die Frequenz bevorzugt zwischen 50 und 60 Hz und bei mittelfrequenten Wechselspannungen bevorzugt zwischen 10 und 100 kHz. Hochfrequente Wechselspannungen weisen bevorzugt Frequenzen zwischen 1 und 50 MHz auf. Anstatt oder zusätzlich zur Einspeisung mit einer Spannungsquelle läßt sich elektrische Energie auch durch Mikrowellen einspeisen. Die Mikrowellenfrequenzen liegen bevorzugt im GHz-Bereich.

Die gesamten in den Figuren 1 bis 4 dargestellten Anordnungen sind, ggf. zusammen mit den Spulen zur Auf- und Abwicklung des Bandes bzw. der Bänder, in nicht dargestellten Vakuumkammern untergebracht. Bei Verwendung von bandförmigen Substraten kann das Substrat auch über außerhalb der Vakuumkammer angeordnete Spulen und Vakuumschleusen zum und aus dem Entladungsbereich 2 gefördert werden. Die Entladung läuft bevorzugt bei einem Druck zwischen 0,01 mbar und 100 mbar, besonders bevorzugt zwischen 0,1 und 5 mbar, ab.

Über die Gaszuführungen 3 (in Figur 3 und 4 nicht dargestellt) werden Inertgase wie Argon, reaktive Gase oder auch Gasgemische in die Vakuumkammer eingeführt. Als reaktive Gase kommen zum Beispiel oxidierende, reduzierende, kohlenstoffhaltige oder siliziumhaltige Gase wie Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff, Methan, Ethin, Silan, Hexamethyldisiloxan, Tetramethylsilan, usw. in Frage. Mit Hilfe der reaktiven Gase können zum Beispiel Schichten aufgetragen, Material abgetragen oder in die Oberflächenbereiche Gasbestandteile integriert werden. So lassen sich Substratoberflächen von Verunreinigungen wie Schmierstoffen, Korrosionsschutzmitteln oder Oxydschichten reinigen oder mit Korrosionsschutzschichten, Haft-

schichten für nachfolgende Beschichtungen, Gleit-
schichten zur Verbesserung der Umformeigenschaften
oder dekorativen Schichten versehen.

5 Die Gasabführungen 4 (in Figur 3 und 4 nicht darge-
stellt) aus der Vakuumkammer gewährleisten, daß depo-
sitionsfähige oder abtragungsfähige Produkte aus der
Entladungszone abgeführt werden, ohne Gelegenheit zur
parasitären Ablagerung oder Abtragung zu bekommen.

10

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der parasi-
tären Effekte besteht in der Anordnung von Abschirm-
elementen, beispielsweise Blechen, in der Vakuumkam-
mer. Diese Abschirmelemente sind, von den Vorrich-
15 tungskomponenten und dem Substrat elektrisch iso-
liert, in denjenigen Bereichen der Vakuumkammer (Kam-
merwänden, Flansche, etc.) angeordnet, wo sich auf-
grund des vorhandenen Potentials parasitäre Entladun-
gen ausbilden könnten oder umschließen Entladungsbe-
20 reich und Substrat. In Figur 4 ist ein derartiges
Abschirmelement in Form eines Blechkäfiges 8 darge-
stellt.

25

Schließlich gestatten weitere, von Vorrichtungskom-
ponenten und Substraten elektrisch isolierte Ab-
schirmelemente auch ein Verschließen derjenigen Sei-
ten des Entladungsbereiches, welche nicht durch Sub-
stratoberflächen begrenzt sind. Verbleibende Spalte
zwischen diesen Abschirmelementen und den Substraten
30 können mit einem isolierenden Stoff (Oxidkeramik,
wärmebeständiger Kunststoff) verschlossen werden.
Hierdurch wird gewährleistet, daß nur noch eine ge-
ringe Anzahl an Ladungsträgern aus dem Hohlraum des
Entladungsbereiches entweichen kann.

35

Nachfolgend werden die geometrischen Dimensionen der in den Figuren 1, 2 und 4 dargestellten Vorrichtung erläutert. Der Durchmesser der oberen dicken Umlenkrolle 5 (Figuren 1 und 4) beträgt 50 cm und der Durchmesser der vier unteren, im Rechteck angeordneten Rollen 6 beträgt 16 cm. Der horizontale Abstand der Achsen der unteren Rollen 6 beträgt 19 cm und der vertikale Abstand der Achsen der unteren Rollen 6 beträgt 30 cm. Es entsteht ein für die Ausbildung einer Hohlkathoden-Glimmentladung besonders günstiges Volumen von etwa 30 x 50 x 3 cm zwischen Teilen des Aluminiumbleches.

Die Gaszufuhr 3 erfolgt gemäß Figur 1 und 2 durch ein mit 50, je 0,7 mm großen Löchern versehenes Edelstahlrohr von 1 cm Durchmesser. Dieses Edelstahlrohr ist parallel zu den Achsen der kleinen Rollen 6 angeordnet. Die Gasabführung 4 erfolgt durch ein ebenfalls mit Löchern versehenes Edelstahlrohr unterhalb des unteren Rollenpaares. Das Edelstahlrohr für die Gasabführung 4 weist 100 Löcher mit 2 mm Durchmesser auf. Das Abpumpen des Gases geschieht mittels einer Roots-Pumpe, die ein effektives Saugvermögen von 500 m³/h aufweist.

In den Figuren 1, 2 und 4 ist das geförderte Blech 1 elektrisch vom Gehäuse isoliert und geerdet. Als Gegenelektrode (Anode) dient das Gaszuführungsrohr. Als Spannungsquelle kann entweder eine Gleichspannungsquelle (10 bis 1000 V) oder eine mittelfrequente Spannungsquelle (35 kHz, 500 V Spitzenspannung) verwendet werden. In Figur 3 wird eine Hohlkathodenentladung durch die Einspeisung von Mikrowellen 9 aktiviert.

Ausführungsbeispiel 1: Reinigung

Das einlaufende Blech 1 wird über einen Schwamm mit Paraffinöl benetzt (ungefähr $0,5 \text{ g/m}^2$). Die Bandlaufgeschwindigkeit beträgt 10 m/min und der Druck $0,5 \text{ mbar}$. Als Gas wird künstliche Luft (ein Sauerstoff/Stickstoffgemisch im Verhältnis $1:4$) mit einem Volumenstrom von $4,5 \text{ m}^3/\text{h}$ verwendet. Bei einer Gleichspannung von 450 Volt bildet sich zwischen den Blechen eine intensive Entladung aus. Nach dem Durchgang durch die Entladungszone besitzt das Blech auf der zu behandelnden Seite 7 eine Oberflächenenergie von 55 dyn/cm (Bestimmung mit Testtinten). Dies belegt, daß das Öl vollständig abgetragen wurde.

Ausführungsbeispiel 2: Plasmapolymerisation

Bei diesem Beispiel beträgt die Bandlaufgeschwindigkeit 20 m/min und der Druck ebenfalls $0,5 \text{ mbar}$. Als Gas wird ein Gemisch aus Argon und HMDSO (Hexamethyldisiloxan) im Partialdruckverhältnis $10:1$ und bei einem Gesamtvolumenstrom von $70 \text{ mbar} \times 1 \text{ /s}$ ($4,2 \text{ slm}$) verwendet. Bei Anlegen einer mittelfrequenten Spannung (500 Volt) bildet sich zwischen den Blechen eine Hohlkathodenentladung aus. Auf der Blechoberfläche 7 wird eine Plasmapolymerschicht von 53 nm Dicke abgeschieden. Die dynamische Rate (Produkt von Bandgeschwindigkeit und Schichtdicke) dieser Anordnung beträgt ungefähr $1060 \text{ m} \times \text{nm} / \text{min}$. Auf einem ruhenden Blech würde die Depositionsgeschwindigkeit damit etwa 30 nm/s betragen.

Ausführungsbeispiel 3: Silikatisierung

Anstelle von Argon im Beispiel 2 wird künstliche Luft bei einem Volumenstrom von $60 \text{ mbar} \times 1/\text{s}$ verwendet. Die Bandgeschwindigkeit beträgt 30 m/min . Es bildet sich eine Siliziumoxydschicht von 30 nm Dicke aus.

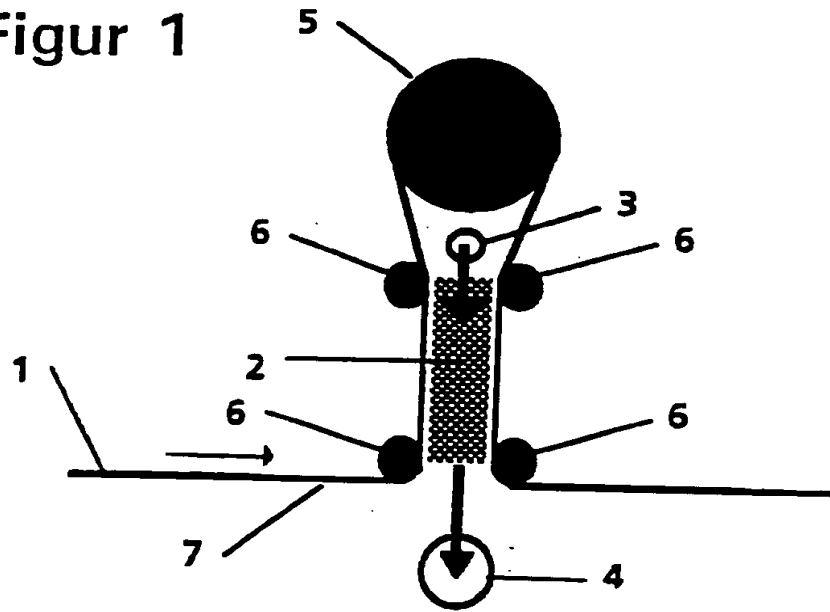
M 1. 10. 98

18

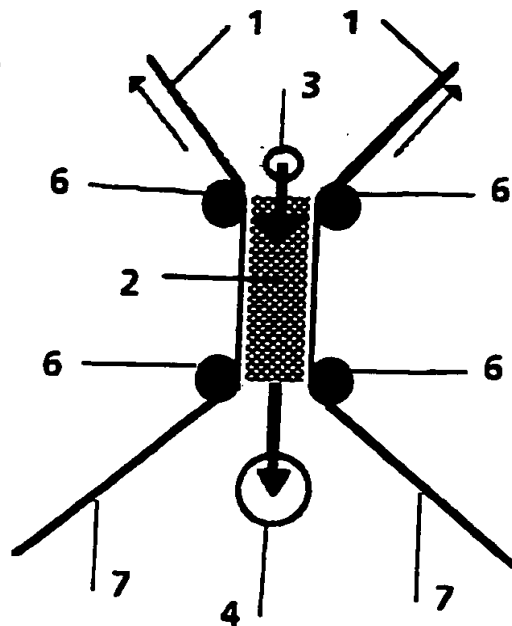
Die dynamische Rate beträgt 600 m x nm/min, die statische Rate 17 nm/s. Die Zusammensetzung der Schicht (lt. EPMA): $\text{SiO}_{1,7}\text{C}_{0,2}$. Die Oberflächenenergie (Testtinten) beträgt über 58 dym/cm.

7/2 1. 10. 98

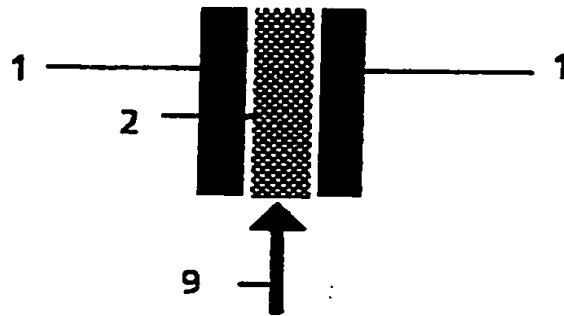
Figur 1



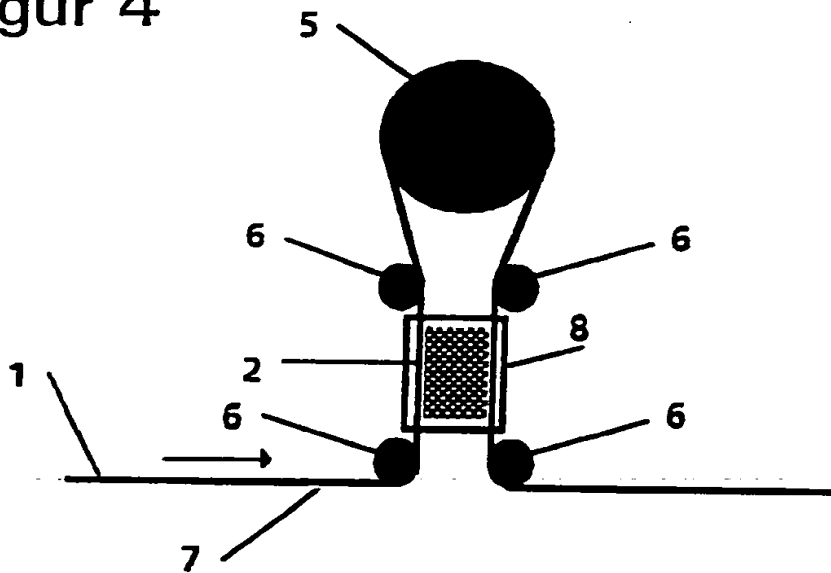
Figur 2



Figur 3



Figur 4



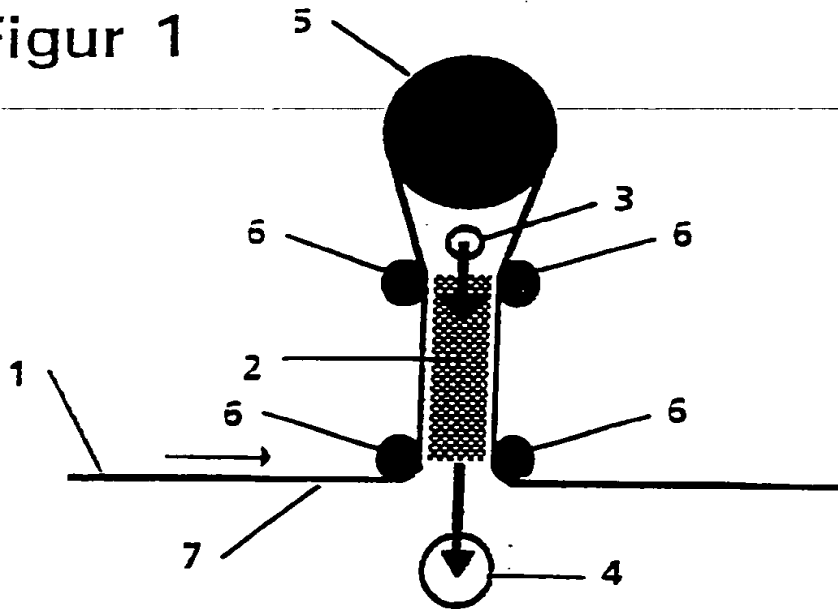
Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Oberflächen-
 5 behandlung von mindestens einem, elektrisch leitenden
 oder leitfähig beschichteten Substrat (1) mit Hilfe
 eines im Bereich einer elektrischen Entladung (2)
 angeordneten Gases. Der Entladungsbereich wird durch
 zu behandelnde Substratoberflächen (7) zumindest auf
 10 zwei im wesentlichen gegenüberliegenden Seiten be-
 grenzt. Dieses Verfahren eignet sich insbesondere zur
 Behandlung von bandförmigen und fortlaufend geförder-
 ten Substraten.

(Figur 1)

11.10.98

Figur 1



THIS PAGE BLANK (USPTO)